



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIT - I Seminário de Inovação e Tecnologia

AVALIAÇÃO DE SENSORES DE TEMPERATURA PARA AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS¹

Bruna Seibel Gehrke², Airam T. Zago Romcy Sausen³, Maurício De Campos⁴.

¹ Projeto e Implementação de Redes de Sensores Inteligentes – Etapas II e III.

² Estudante do Curso de Engenharia Elétrica do Departamento de DCEEng. Bolsista PIBITI/CNPq 2010-2011. E-mail: brunagehrke@gmail.com.

³ Professora Orientadora CNPq do Departamento de DCEEng do Grupo de Pesquisa GAIC. E-mail: airam@unijui.edu.br.

⁴ Professor do Departamento de DCEEng do Grupo de Pesquisa GAIC. E-mail: campos@unijui.edu.br.

Resumo

Dispositivos sensores são aplicados em conjunto com circuitos eletrônicos e permitem monitorar um evento que ocorra externamente, sobre o qual o sistema deva atuar. Este artigo descreve a implementação de uma unidade piloto de um sistema de supervisão de subestações subterrâneas. O sistema completo baseia-se em um conjunto de sensores, monitorando grandezas, tais como, umidade, temperatura proteção, tensões e correntes de uma subestação subterrânea de distribuição de energia. O escopo deste trabalho restringe-se a escolha, avaliação e teste dos módulos de sensoriamento de temperatura, neste contexto foram desenvolvidos dois módulos sensores para aquisição das temperaturas ambiente e do transformador respectivamente, com o intuito de testar a viabilidade de implementação do sistema proposto. Outro objetivo deste projeto é monitorar a qualidade da comunicação uma vez que o sistema se encontra em uma área que não permite a utilização dos sistemas de comunicação convencionais. Os resultados apresentados demonstram erros inferiores a 0,3 graus. Uma versão de teste do sistema já encontra-se em funcionamento em uma subestação subterrânea de energia da CEEE na cidade de Porto Alegre.

Palavras-chave: redes de sensores, temperatura, monitoramento.

Introdução

O projeto de pesquisa “Projeto e Implementação de Redes de Sensores Inteligentes – Etapas II e III” constitui-se em um projeto de pesquisa e desenvolvimento executado em parceria com a CEEE-RS. O objetivo do projeto é a implementação de uma unidade (rede) piloto para o monitoramento de uma subestação subterrânea de energia, baseada em um conjunto de sensores, monitorando grandezas, tais como, umidade, temperatura tensão e corrente além dos sistemas de proteção e segurança. Com isto pode-se evitar danos que podem interferir na subestação e provocar o desligamento parcial do sistema reticulado da CEEE-D no centro de Porto Alegre.





Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIT - I Seminário de Inovação e Tecnologia

Um sensor pode ser definido como um dispositivo que recebe e responde a um estímulo ou um sinal. Quando conectados a um transdutor adequado estas grandezas são transformadas em sinais elétricos que podem ser interpretados por um circuito eletrônico. Assim, um evento que ocorra externamente pode ser monitorado, permitindo que um algoritmo adequado decida sobre a possibilidade de atuação ou sinalização do mesmo. Os sensores nunca operam isolados, na maioria das vezes fazem parte de um sistema mais abrangente de aquisição de dados que pode incorporar outros detectores, dispositivos de condicionamento (amplificadores, filtros, conversores A/D), processadores de sinal, dispositivos de memória, registradores de dados e atuadores diversos.

O principal objetivo deste trabalho é estudar, implementar e avaliar sensores de temperatura que possam ser utilizados no projeto de rede piloto a ser implementado em uma subestação subterrânea da CEEE-RS. Neste contexto foram estudados vários sensores de temperatura, um deles é o sensor LM35 que é um sensor de temperatura de precisão, fabricado pela National Semiconductor [1], que apresenta em seus terminais uma saída de tensão linear proporcional à temperatura a qual ele está submetido. Sua alimentação em geral pode variar de 4-20Vdc de tensão, tendo em sua saída um sinal de 10mV para cada Grau Celsius de temperatura.

O LM35 tem como principais características saídas com baixa impedância, tensão linear e calibração inerente e precisa, fazendo com que o interfaceamento de leitura seja especificamente simples, reduzindo o custo do sistema em função disto. Este sensor ainda pode ser alimentado com alimentação simples ou simétrica, dependendo da característica desejada como sinal de saída, mas independentemente disto, a saída continuará sendo de 10mV/°C. O sensor LM35 é apresentado com vários tipos de encapsulamentos, sendo o mais comum o TO-92.

Além do sensor LM35 foi estudado e projetada a implementação de um sensor mais robusto do ponto de vista de intempéries. Neste caso, deve-se esclarecer que uma subestação subterrânea além da umidade excessiva, poeira, pode estar sujeita vazamentos de gases, ou seja, um ambiente bastante corrosivo. Assim, a utilização de um sensor do tipo PT100 com encapsulamento de aço inox e IP68 torna-se conveniente. Ele pode ser definido como um termômetro de resistência elétrica, que funciona baseado no princípio da variação da resistência elétrica de um metal, em função da temperatura, feito de platina. É conhecido como termoresistor, possuindo uma resistência de aproximadamente 100Ω; a 0° C. A norma DIN IEC 751 padronizou a faixa de temperatura das termoresistências permitindo sua operação de -200 a 850 °C [2].

Entre as vantagens já citadas podemos incluir ainda, elevadas amplitudes de temperatura, resistência à vibração, elevada imunidade às interferências elétricas, estabilidade duradoura, elevada robustez, elevada precisão e a relação entre temperatura e resistência aproximadamente linear.

Metodologia





Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIT - I Seminário de Inovação e Tecnologia

A metodologia adotada neste trabalho foi de testar e implementar ambos os dispositivos citados anteriormente. O sensor PT10,0 diferentemente do LM 35, foi testado apenas em laboratório como uma alternativa para a medição de temperatura, já o LM35 já está instalado e em funcionamento na primeira versão do projeto piloto.

Neste sentido para os testes preliminares do projeto piloto, o sensor LM35 foi conectado a um microcontrolador de um módulo sensor inteligente desenvolvido especialmente para este projeto. Normalmente o termo "sensor inteligente" é aplicado a um dispositivo que contém um ou mais sensores com capacidade de processamento de sinais e comunicação de dados. O componente central do nó sensor é o MCU, ou seja, a unidade de processamento. Cabe ao microcontrolador gerenciar, através das rotinas desenvolvidas em software, parte dos sistemas de comunicação, sensoriamento e gerenciamento de energia.

O sistema desenvolvido, entretanto, não consegue se comunicar com a área externa da subestação uma vez que a mesma além de estar a uma distância de, aproximadamente, a cinco metros da superfície possui uma espécie camada de concreto além da camada de asfalto, características que tornam mais difícil a comunicação destes dispositivos com o ambiente externo.

Para contornar este problema foi utilizado um sistema PLC desenvolvido em outro projeto do GAIC. O sistema PLC foi instalado na área central da cidade de Porto Alegre, no cabeamento de baixa tensão da rede subterrânea. O sistema de teste instalado consiste de um par de transmissor/receptor PLC, desenvolvido a partir de um MODEM PLC PL-3120 de fabricação da ECHELON. O modem PLC PL-3120 incorpora um processador NEURON, 4K bytes de memória de aplicação e 2K bytes de RAM. O processador NEURON executa as rotinas do protocolo interconexão dos nós de uma rede PLC, ISI – Interoperable Self Installation, bem como os protocolos de comunicação, com opção de ativar ou não o protocolo CENELEC. Todos esses protocolos são proprietários e vem gravado em memória ROM no dispositivo.

Por fim, os dados trafegam através de sinais no sistema PLC por cerca de 300mts a uma das fases do sistema, sendo conectados finalmente a um modem GPRS/3G que transmite os dados adquiridos para os laboratórios do GAIC na Sede da UNIJUI na cidade de Ijuí-RS.

Já no segundo caso, para o sensor do tipo PT100, foi inicialmente testado o sensor para a obtenção da função e transferência. A partir dela foram projetados os circuitos que se constituem de uma fonte de alimentação de 25V que alimenta uma fonte de corrente, constituída de um LM324, que por sua vez, alimenta o sensor. Os sinais de corrente do sensor são condicionados por um amplificador e novamente transformados em sinais de corrente no padrão de 4 a 20mA. Assim um protótipo foi implementado em laboratório para teste de precisão.

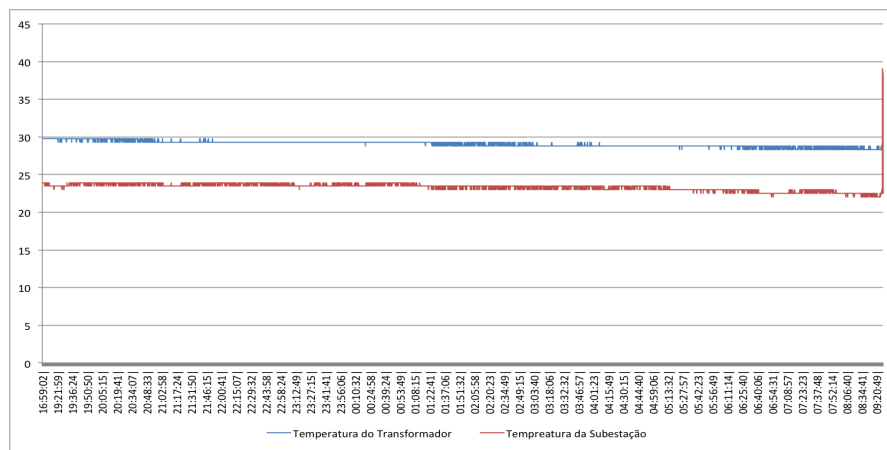
Resultados e Discussão

Como mencionado anteriormente, o sistema de testes do projeto piloto desenvolvido está atualmente em fases de testes instalado na CEEE na cidade de Porto Alegre na Subestação subterrânea da praça Don Feliciano. Duas grandezas a priori estão sendo medidas,

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIT - I Seminário de Inovação e Tecnologia

a temperatura do transformador e a temperatura ambiente da subestação. O sistema “retira” os sinais medidos da subestação através de uma comunicação PLC por cerca de 300mts em seguida um gateway converte os sinais para um modem GPRS que se comunica com outro instalado nas dependências da UNIJUI na cidade de Ijuí.

Também foi desenvolvido um sistema supervisorio para apresentar a temperatura de forma visual e compreensível nos laboratórios do GAIC. Este sistema cria um log e atualmente está sendo desenvolvido um banco de dados para permitir uma melhor exploração destes dados. No gráfico apresentado na Figura 1 pode-se acompanhar um exemplo da evolução da temperatura durante o dia 27 do mês de julho de 2011 na subestação a partir do sistema instalado com o uso do sensor de temperatura LM35.



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIT - I Seminário de Inovação e Tecnologia

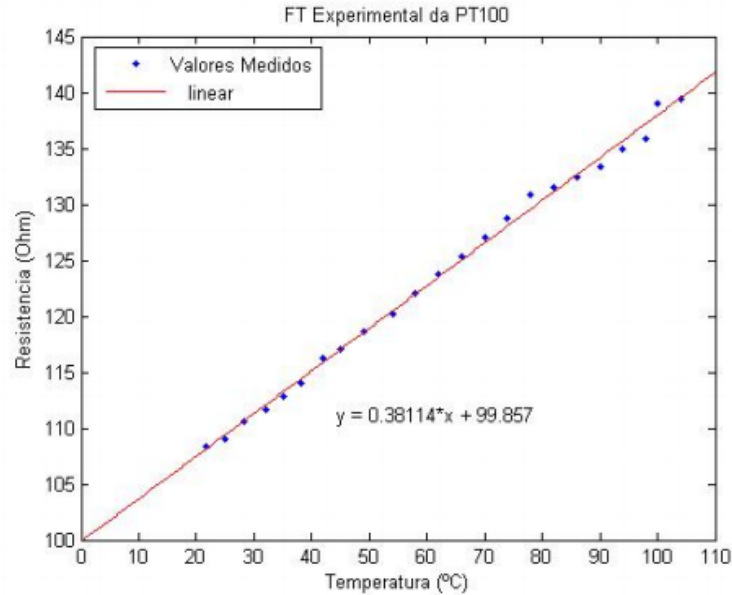


Figura 2 – Comportamento do sensor de temperatura testado em comparação com uma função linear equivalente.

Para analisar os erros após a montagem do circuito completo foi medida a temperatura através de um termômetro de precisão e comparou-se com a medida do PT100. Neste caso o maior erro em toda escala de temperatura (0°C a 100°C) foi de apenas 0,3 graus Celsius.

Conclusões

Podemos concluir que ambos os trabalhos foram realizados com sucesso, uma vez que todos os requisitos foram satisfeitos. No primeiro caso, foi possível a implementação em um sistema real capaz de medir temperaturas entre 0°C e 100°C diretamente na subestação monitorada com visualização em tempo real nos laboratórios do GAIC em Ijuí. Em relação ao módulo sensor utilizado, até o presente momento, sua configuração básica de conversão (10 bits e a capacidade de processamento de 8 bits) não permite sua utilização para o monitoramento de tensões e correntes, mas apenas para grandezas que tenham alta constante de tempo (e.g., temperatura e umidade). Desta forma conclui-se que a utilização deste microprocessador precisa ser repensado.

No segundo caso o projeto também atendeu as especificações permitindo o acoplamento nos nós sensores uma vez que a saída foi projetada em corrente na faixa de 4-20mA. Os resultados experimentais obtidos foram satisfatórios uma vez que obtivemos um erro experimental inferior a 0,3°C. O circuito de condicionamento de sinais apresenta funcionamento adequado e linear dentro da faixa proposta.

Como trabalhos futuros pretende-se realizar novos testes buscando determinar pontos de estrangulamento do sistema proposto, tais como: (i) distância máxima para transmissão



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIT - I Seminário de Inovação e Tecnologia

PLC; (ii) perdas de pacotes x fluxo de carga; (iii) interferências; e, (iv) limitações da transmissão GPRS.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

Referências

- <http://hermes.ucs.br/ccet/demc/vjbrusam/inst/temp1.pdf>
- <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20061/Cesar/SENSORES-Reed-switch.html>
- <http://www.national.com/ds/LM/LM35.pdf>
- <http://www2.informatik.hu-berlin.de/~hochmuth/bvp/humidity.pdf>